

Az ECMWF adatasszimilációs rendszere

Radnóti Gábor

Fő forrás:

**Erik Andersson és Jean-Noël Thépaut
előadása az ECMWF 4D-Var 10-edik
évfordulójára (1997-2007)**

Események, fő mérföldkövek

- IFS/ARPEGE fejlesztés kezdete 1987
- IFS modell operatív 1994 (cy11r7)
- 3D-Var operatív 1996 (cy14r3)
- 4D-Var operatív 1997 (cy18r1)
- Napjaink: cy36r1 (új irányok: gyenge-kényszer-4D-Var, hosszú ablak, áramlás függő háttérhibák: pl EnDA, korrelált megfigyelési hibák, varBC, újabb és újabb műholdas adatok: csapadék befolyásolta radianciák, felhős radianciák...)

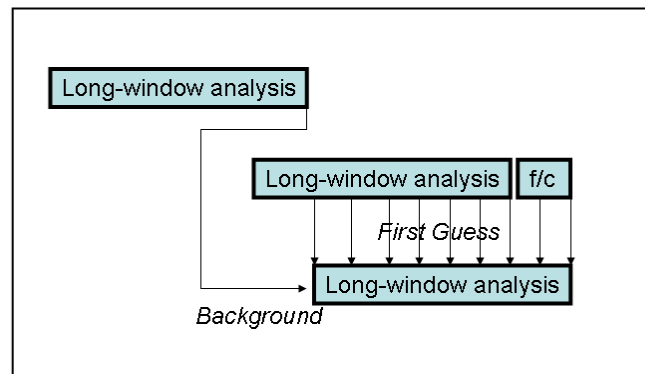
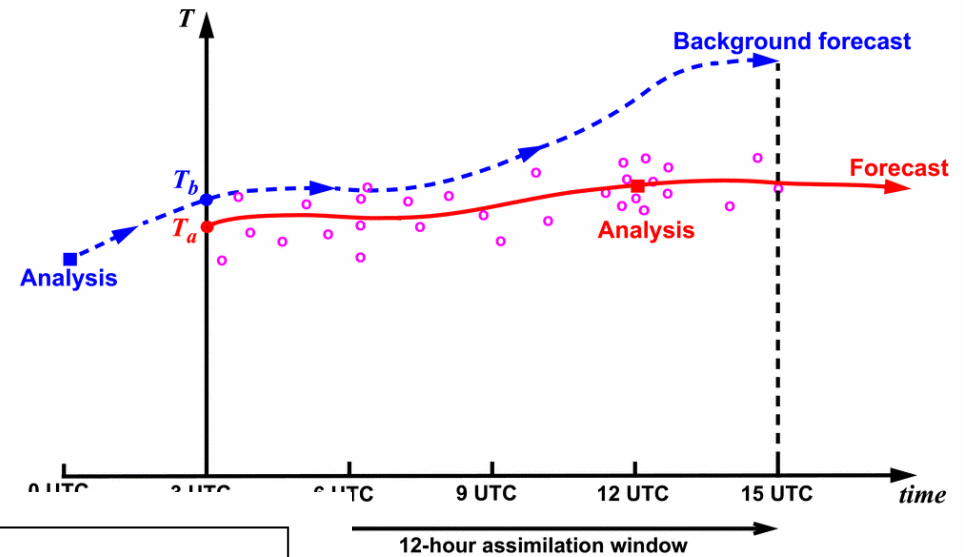
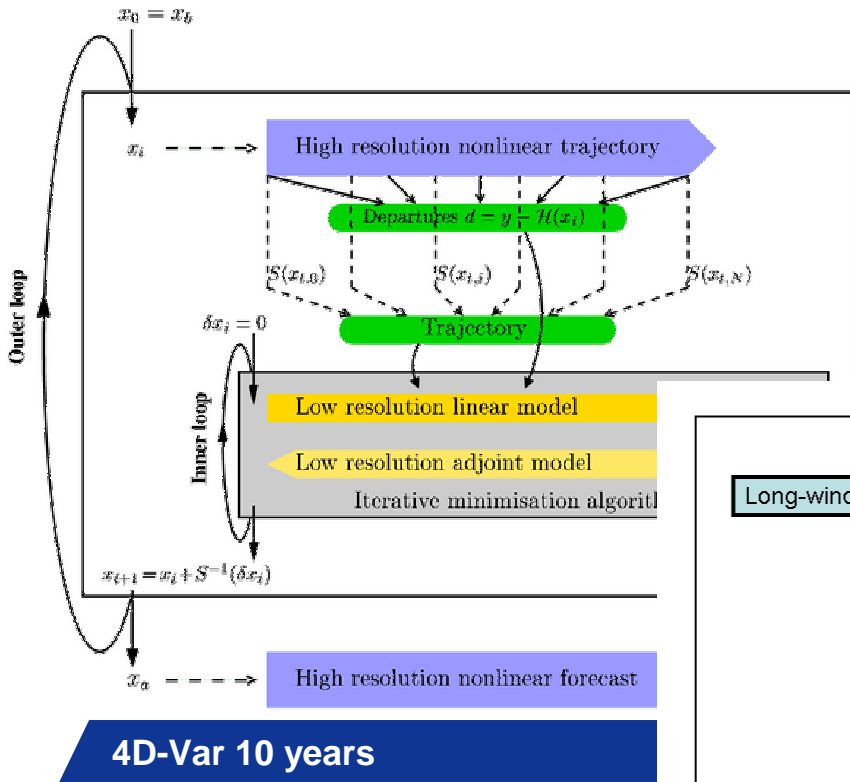
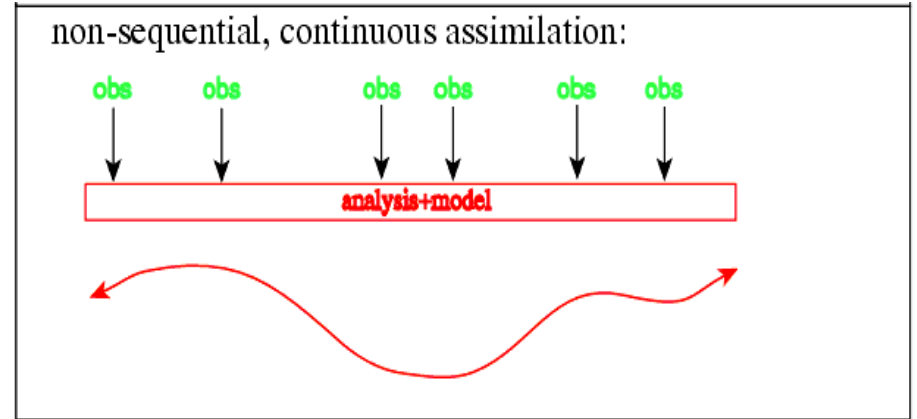
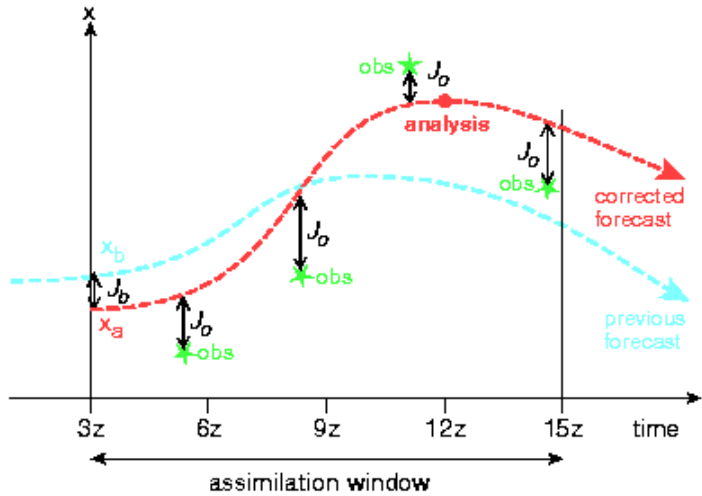
Hogyan működik a 4D-Var?

- **Veszteségfüggvény minimalizálása**

$$J(x) = 1/2[H(x) - y]^T R^{-1}[H(x) - y] + 1/2[x_0 - x_b]^T B^{-1}[x_0 - x_b] + \dots$$

- **X: 4 dimenziós**
- **H: modell tér → megfigyelési tér, egyszerű esetben interpolátor, műholdas adatok esetén sugárzás átviteli egyenlet**
- **R, B hiba kovariancia mátrixok**
- **....: egyéb kényszerek, balansz, modell hiba figyelembevétele gyenge kényszer 4D-Var esetén**

Hogyan működik a 4D-Var?



A kezdetek



- **Le Dimet & Talagrand (1986), Lewis & Derber (1985) javaslata: az optimum kontroll elméletet érdemes a légköri analízis probléma megoldására használni (korábban Marcsuk).**
 - Derivált (TL) és transzponált (adjungált) légköri modellt említik mint hatékony eszközt
- **Lorenc (1986 & 1988) felhívja a figyelmet, hogy a modell dinamika konzisztens használata az analízisben rendkívül fontos**

A kezdetek, felismerések:



- **OI nem alkalmas minden megfigyelés hatékony asszimilációjára (műholdas adatok, TOVS helyreállított profilok gyenge hatása).**
- **OI nem alkalmas a a modell dinamikában rejlő információ hatékony figyelembevételére**
- **Nagyskálájú analízis ↔ egyre lokalizáltabb OI az egyre sűrűbb megfigyelések miatt**
- **Várhatóan a TL/AD modellek az előrejelezhetőségi kutatásokban is komoly szerepet kapnak**

1991-1992: Bizonyítékok a 4d-Var-ban rejlő lehetőségekre(1)

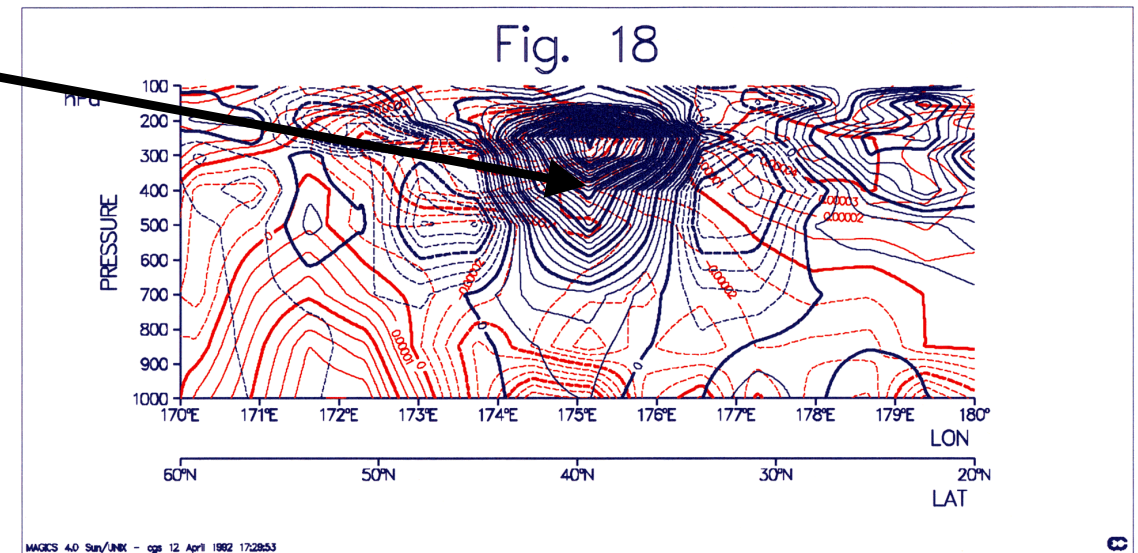
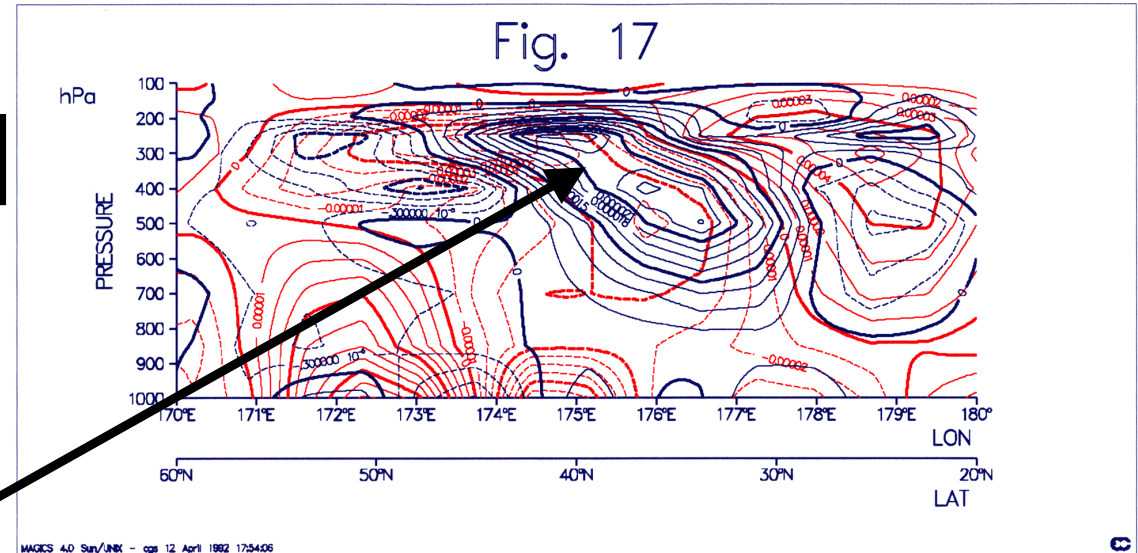


24h 4D-Var

200 hPa AIREP adatok hatása az asszimilációra

OI ciklikusan 24h-ig

Thépaut et al. 1993
Rabier et al. 1993



1991-1992: Bizonyítékok a 4d-Var-ban rejlő lehetőségekre(2):

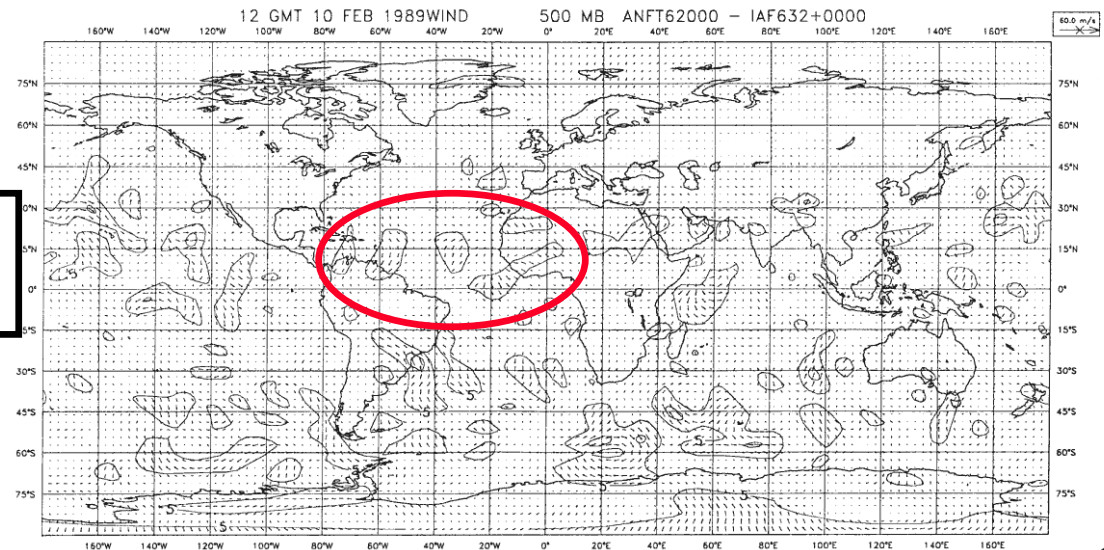


**HIRS 11-12
asszimilálva**

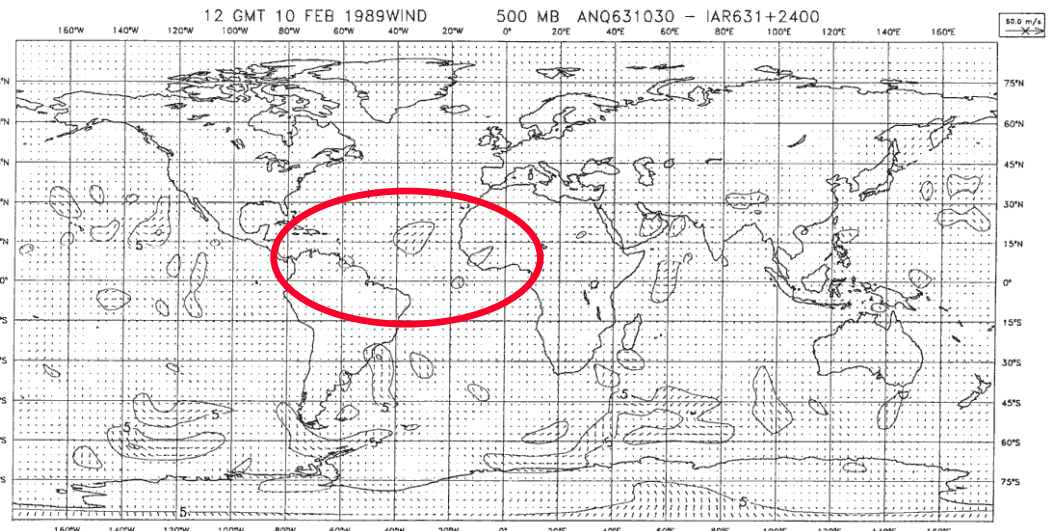
**TOVS radianciák hatása a
szélmezőre**

**HIRS 11-12
nélkül**

Andersson et al., 1994



MAGICS 4.0 cray/unicos - daf 29 March 1992 13:42:31



MAGICS 4.0 cray/unicos - daf 8 May 1992 09:11:36



1993-1994: Az inkrementális megközelítés

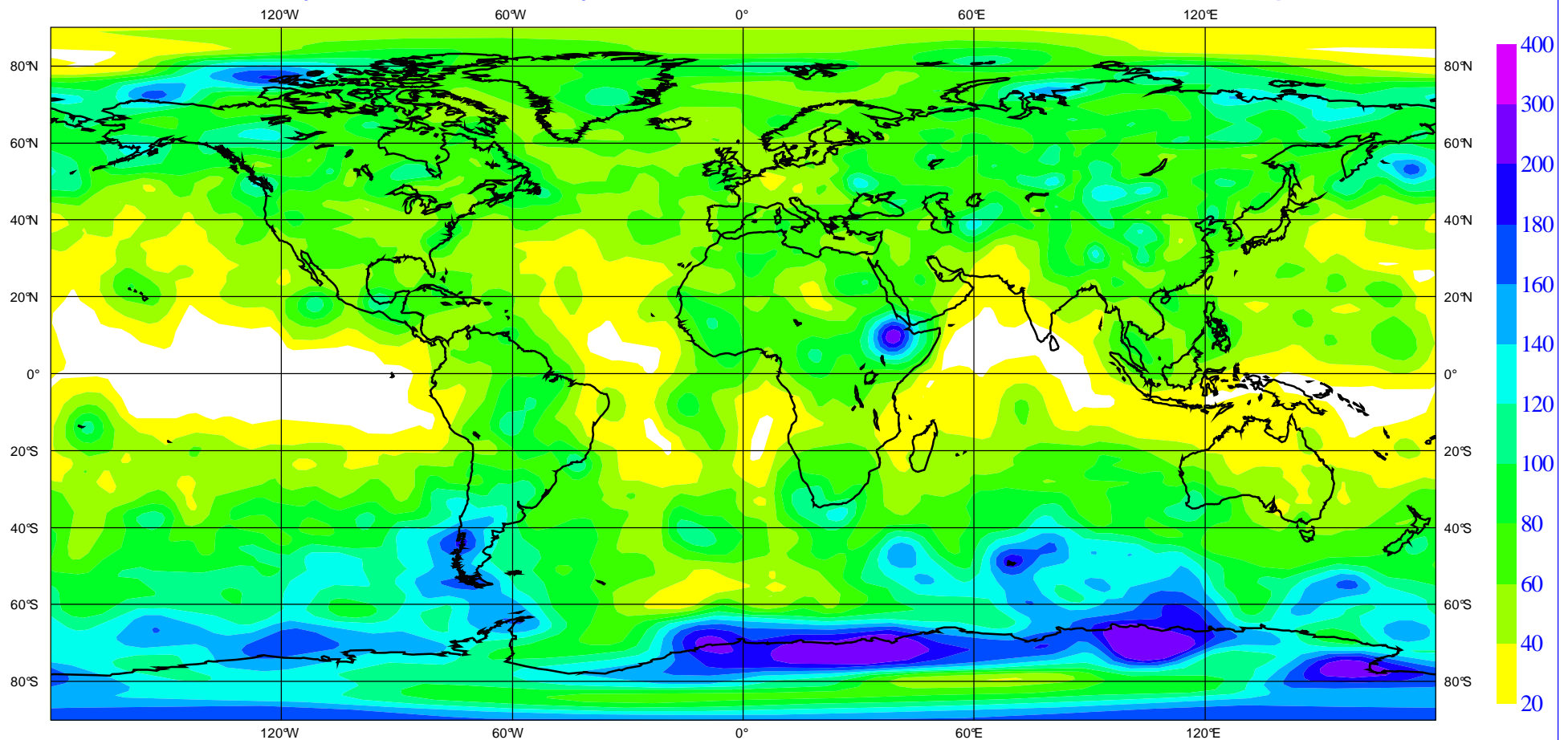


- A teljes nemlineáris diabatikus modell helyett miért ne lehetne az adiabatikus TL modellt és adjungáltját használni a teljes modell trajektóriája körüli linearizálással
- Később kiderült, a teljes adiabatikus közelítés azért túlzás
- Egyszerűsített fizika és annak TL/AD változata
- Inkrementális megközelítés, külső-, belső-ciklus, egyre növekvő felbontással, fokozatosan a mind kisebb skálák analízise érdekében

Analízis inkrementum 1994 (OI)

OI: izolált partmenti megfigyelések, nagy inkrementumok, üres óceáni területek

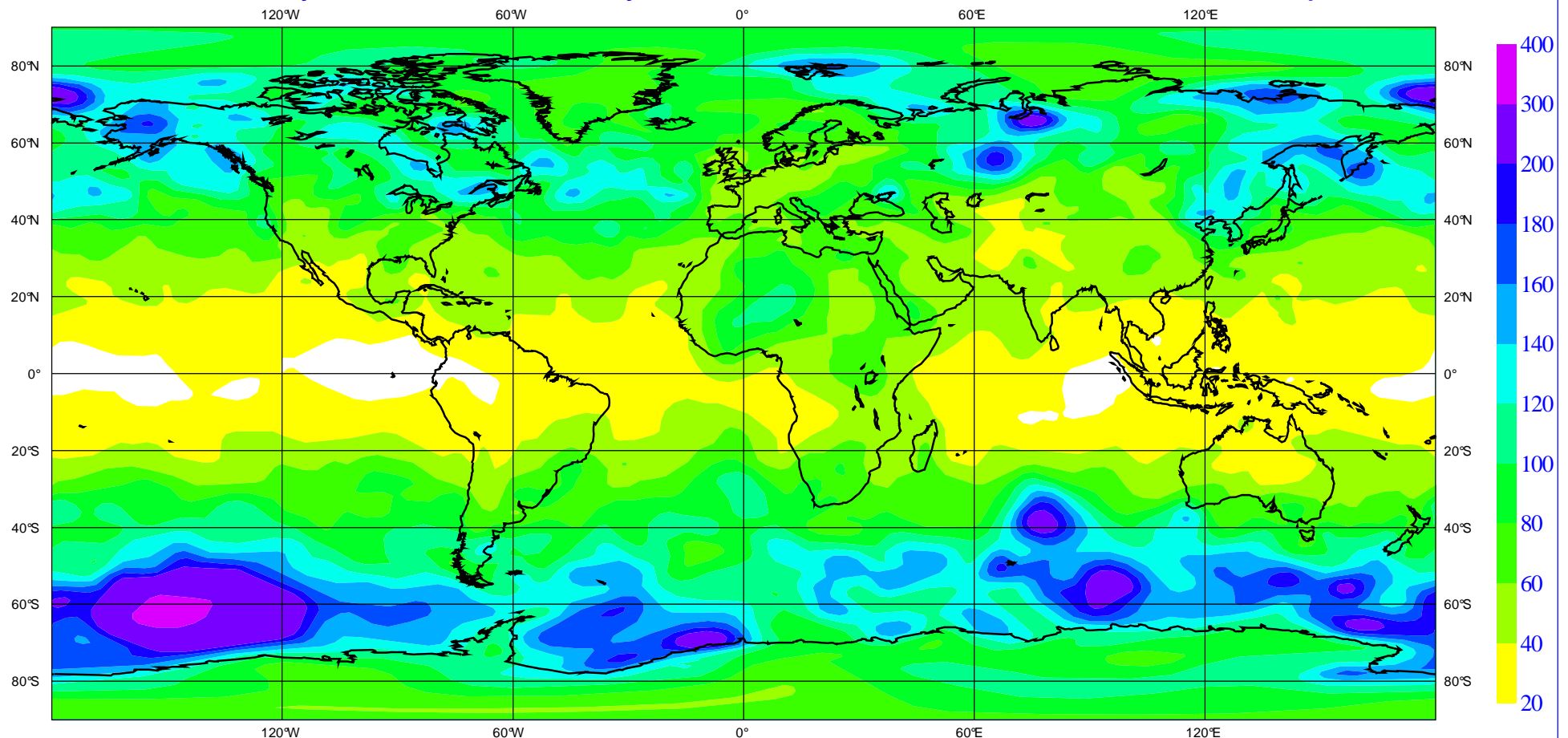
ECMWF Analysis VT:Saturday 1 October 1994 12UTC 500hPa **Geopotential



Analízis inkrementum 1997 (3D-Var)

3D-Var feltölti az üres területeket. Adat problémák nyilvánvalóak

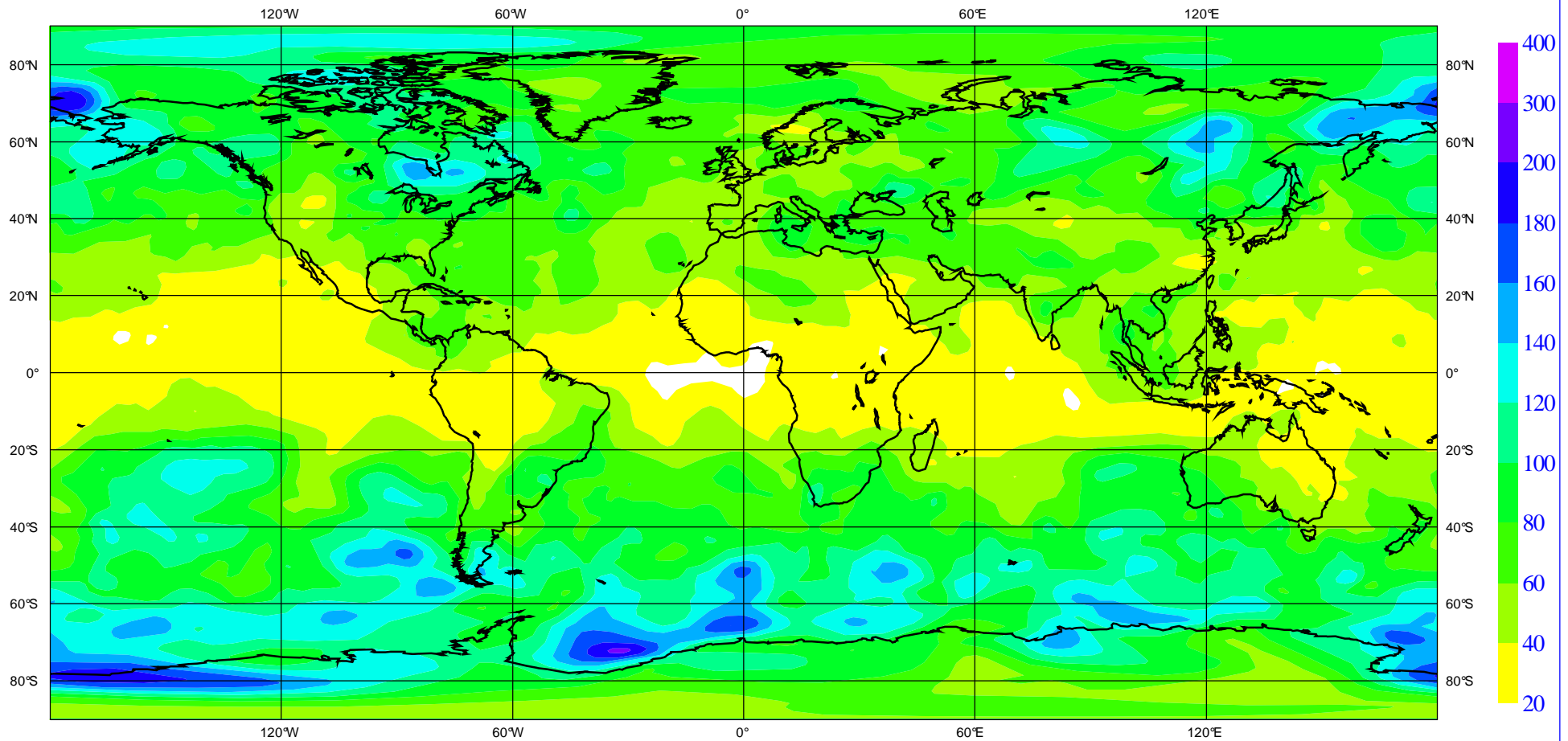
ECMWF Analysis VT:Wednesday 1 October 1997 12UTC 500hPa **Geopotential



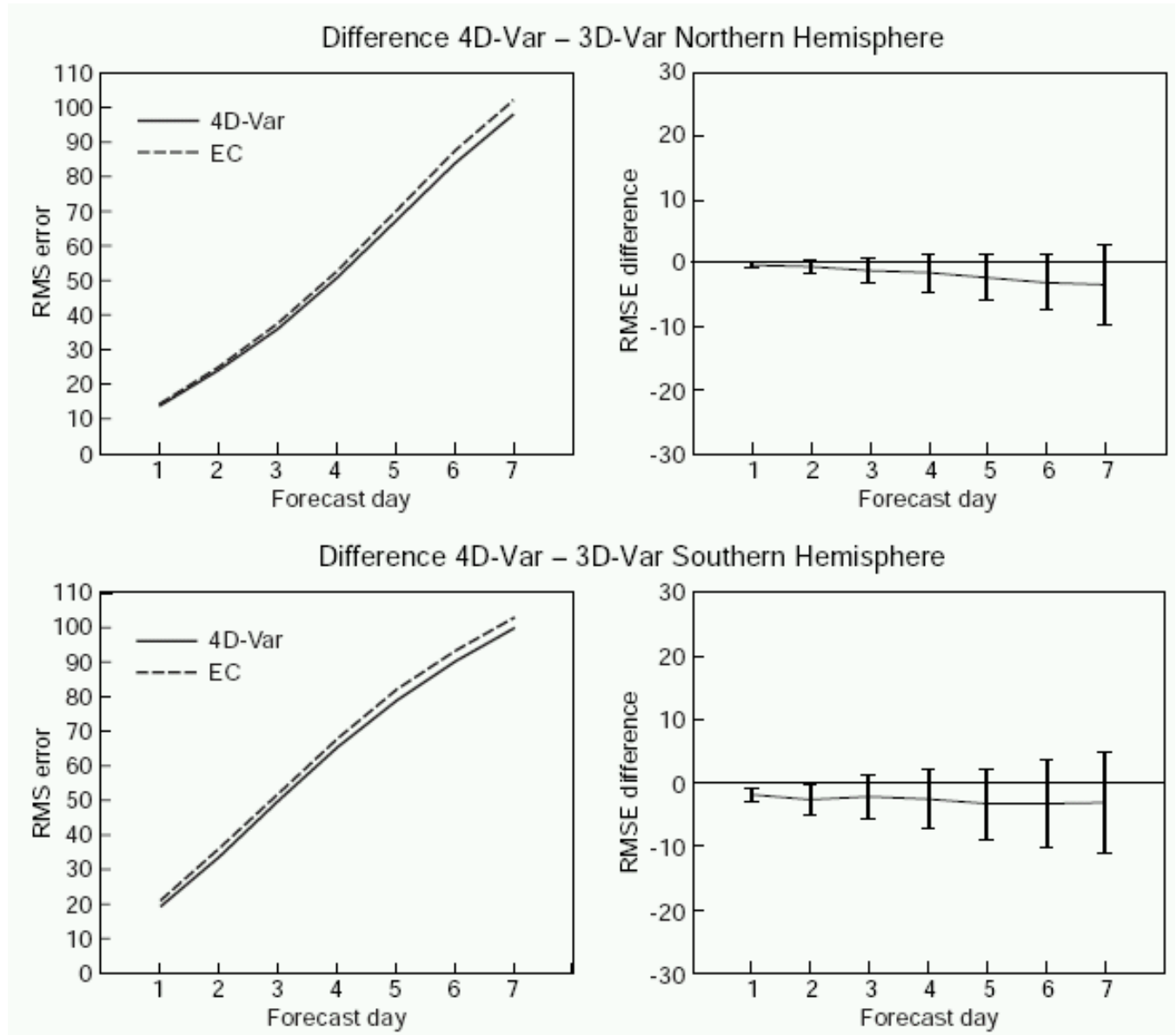
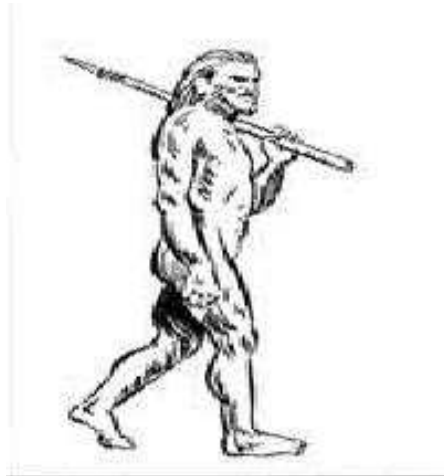
Analízis inkrementum 1998 (4D-Var)

4D-Var drámaian javítja a pontosságot

ECMWF Analysis VT:Thursday 1 October 1998 12UTC 500hPa **Geopotential



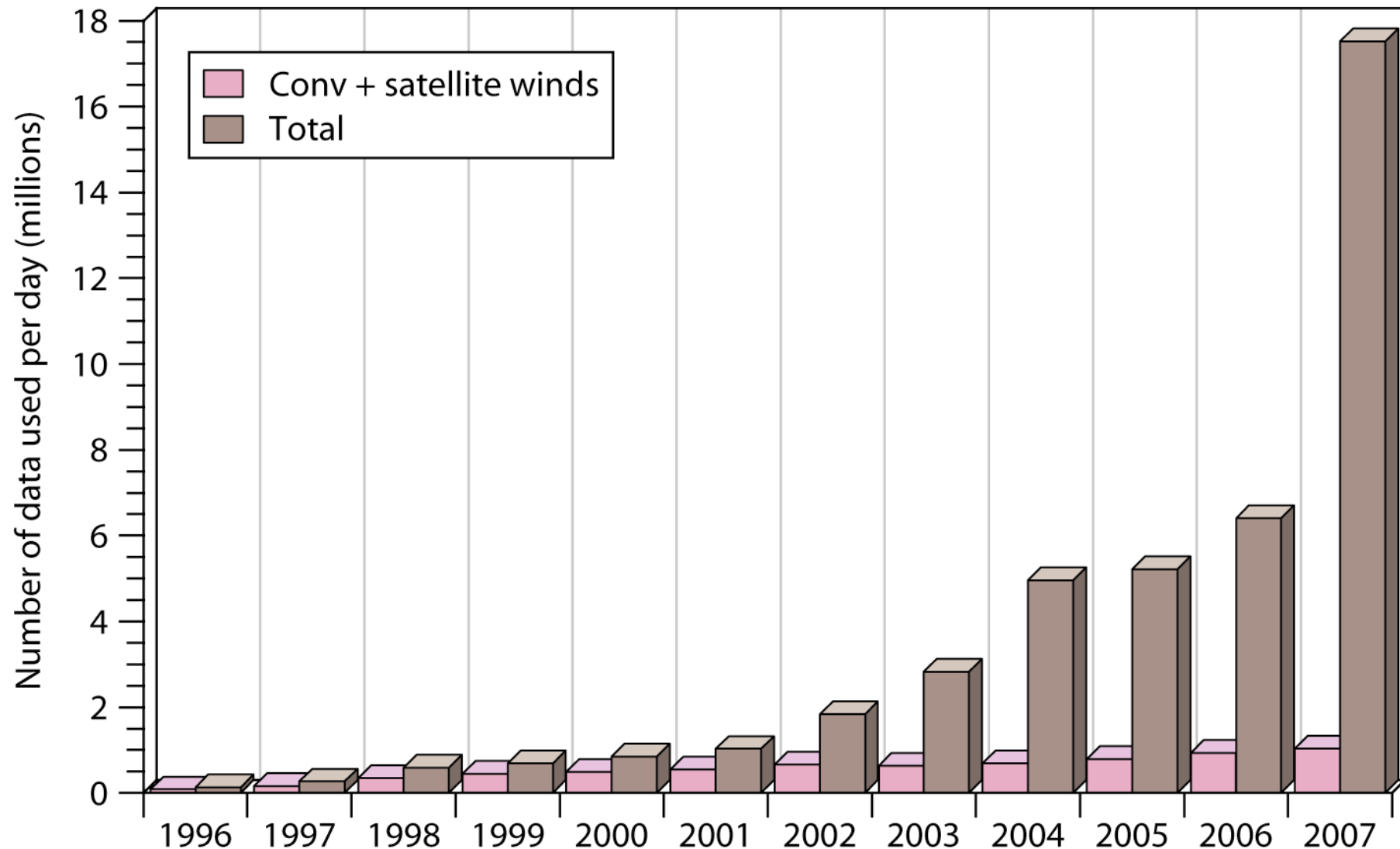
Newsletter #78 Bouttier és Rabier (1998)



Mi minden történt azóta?

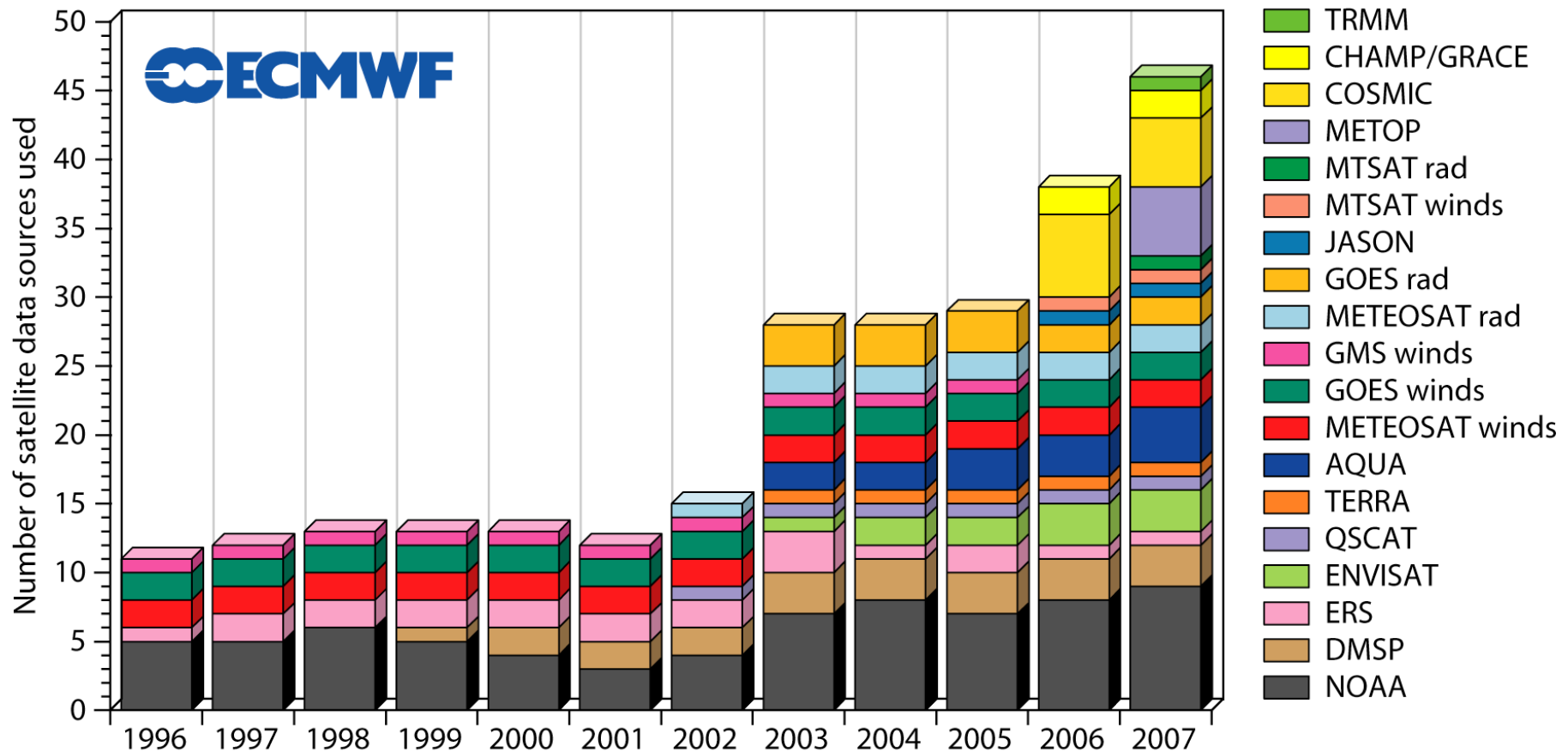
1. Hatékony és pontos megoldó algoritmus (multi-felbontás) belső/külső ciklusok T255-ig
2. ODB megfigyelési adatbázis, párhuzamosság, nagy adathalmazok hatékony elérése
3. Új megfigyelési típusok!
4. Szemi-Lagrange advekció TL/AD-ja
5. Wavelet Jb, nem-lineáris balansz Jb
6. Nedvesség/ózon/GEMS változók
7. TL nedves fizika
8. Megfigyelési hatás diagnosztikák
9. VarBC
10. Gyenge-kényszer, modell hibák kezelése
11. Megfigyelési hibák korrelációja
12. EnDA
13. ERA-40 3D-Var, ERA-interim 4D-Var re-analízisek
14.

Naponta asszimilált adatok száma



2010 június 5: 20669687 egyedi megfigyelés lett asszimilálva, 95% műholdas radiancia adat (monitorizálva több mint 300 millió adat)

Az asszimilált műholdas megfigyelési rendszer

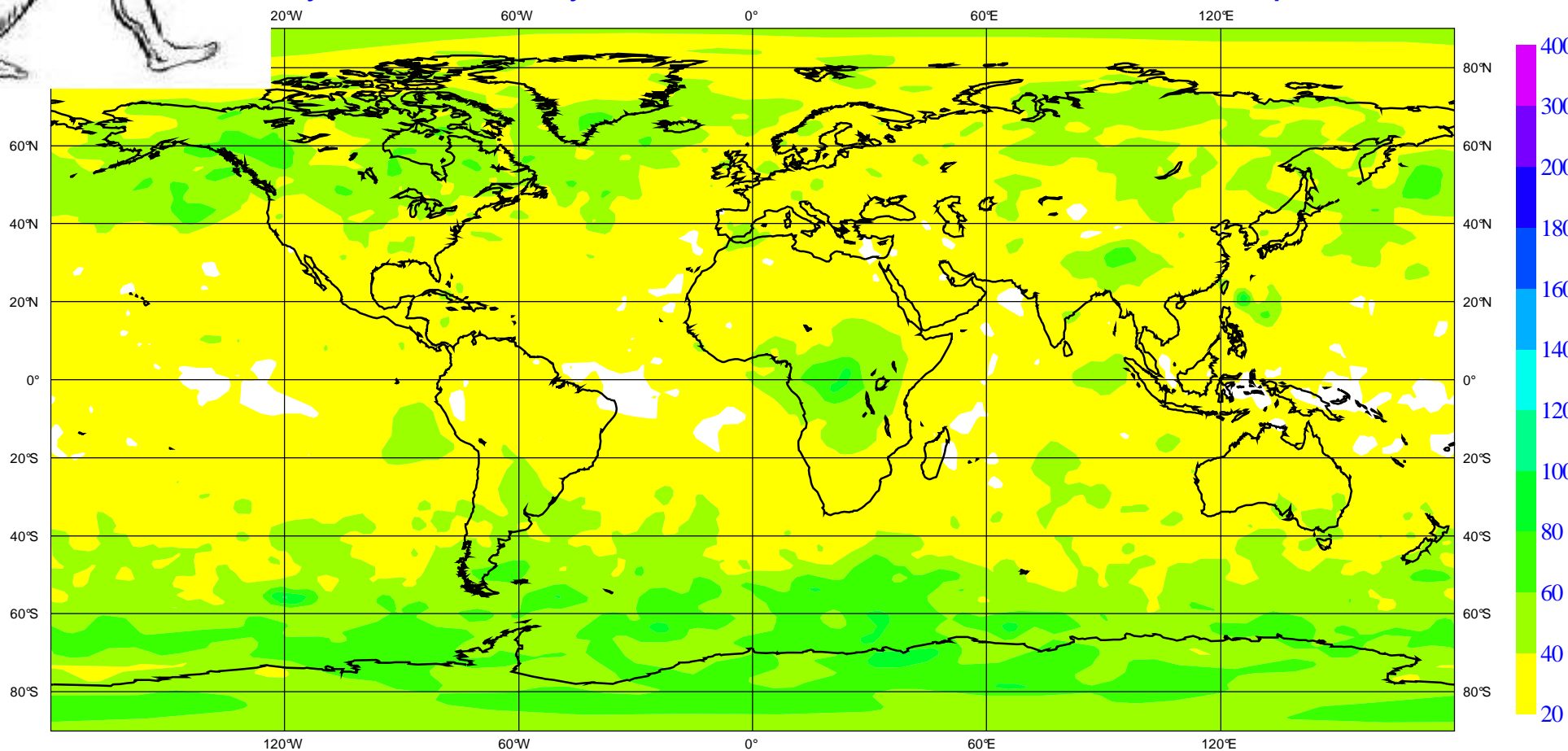


Kb 50 különböző műholdas adatforrást használunk

Analízis inkrementum napjainkban 2007

Kicsiny inkrementumok a nagy adatsűrűség és
pontos előrejelző modellnek köszönhetően

Analysis VT:Monday 1 October 2007 12UTC 500hPa **Geopotential



Acc=0.6 Északi félteke

ECMWF FORECAST VERIFICATION 12UTC

500hPa GEOPOTENTIAL

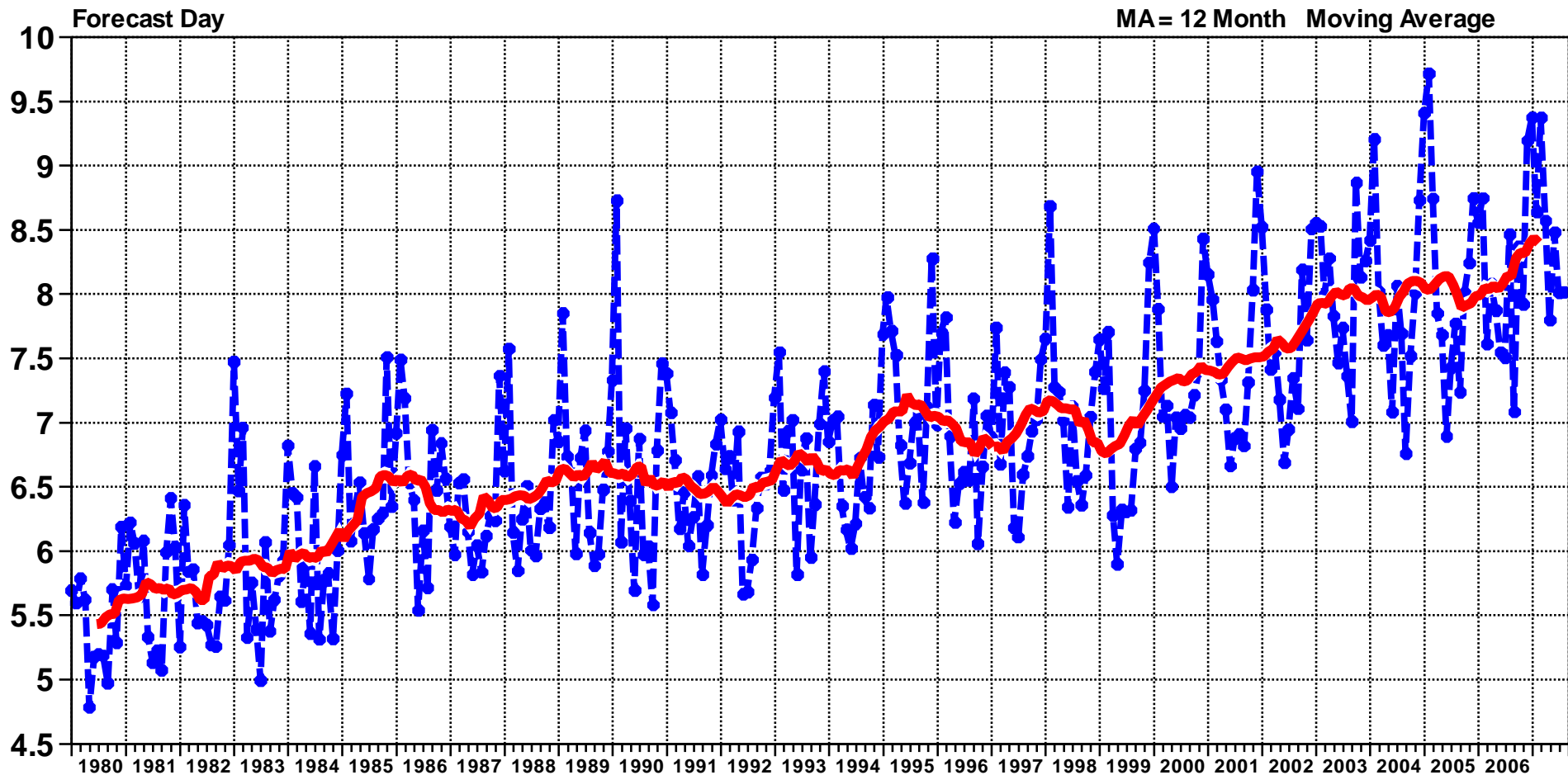
ANOMALY CORRELATION

FORECAST

N.HEM LAT 20.000 TO 90.000 LON -180.000 TO 180.000

—●— SCORE REACHES 60.00

— SCORE REACHES 60.00 MA



Acc=0.6 Déli félteke

ECMWF FORECAST VERIFICATION 12UTC

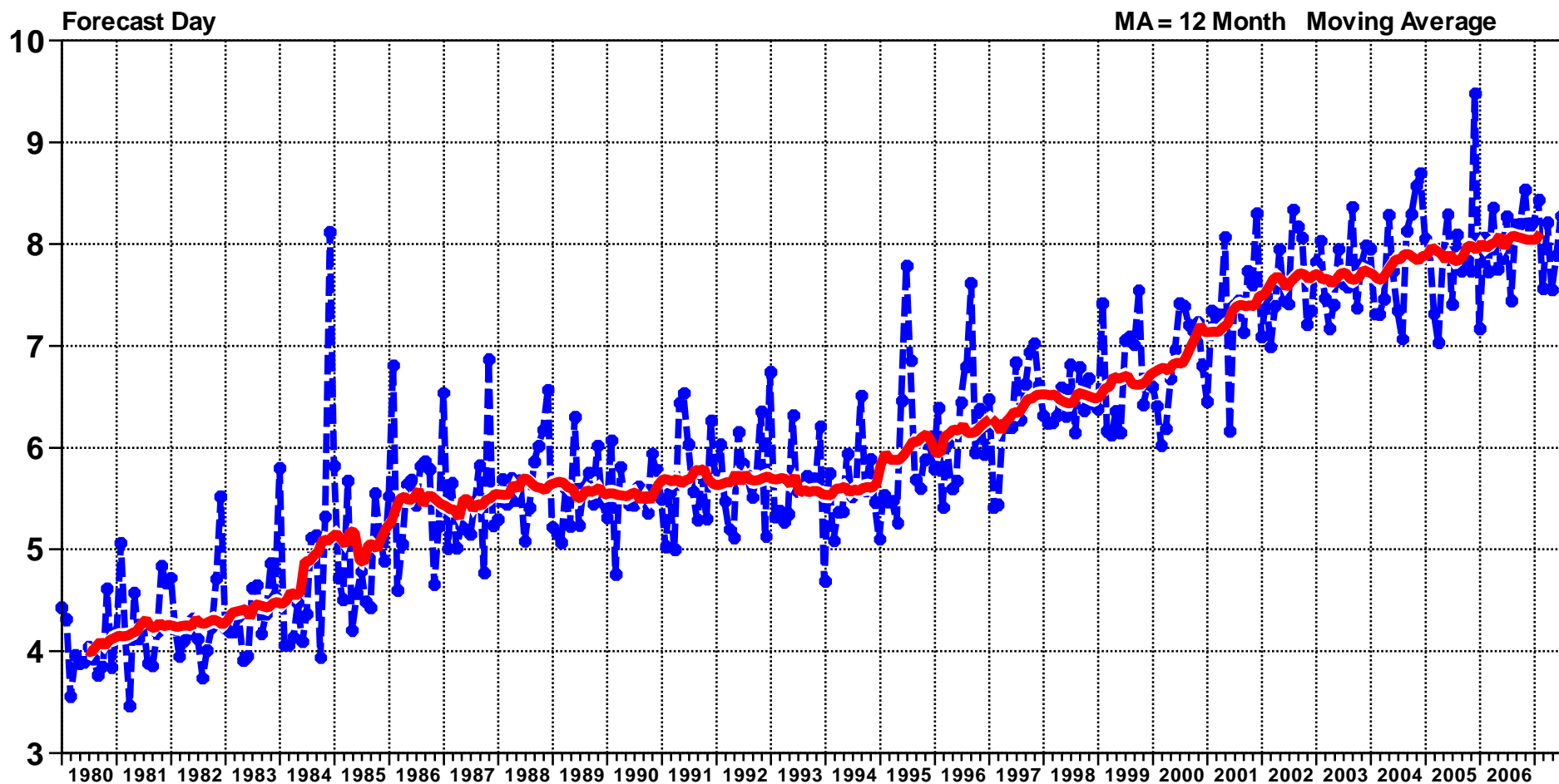
500hPa GEOPOTENTIAL

ANOMALY CORRELATION

FORECAST

S.HEM LAT -90.000 TO -20.000 LON -180.000 TO 180.000

—●— SCORE REACHES 60.00
— SCORE REACHES 60.00 MA



corr=0.8 Trópuserok

ECMWF FORECAST VERIFICATION 12UTC

850hPa VECTOR WIND

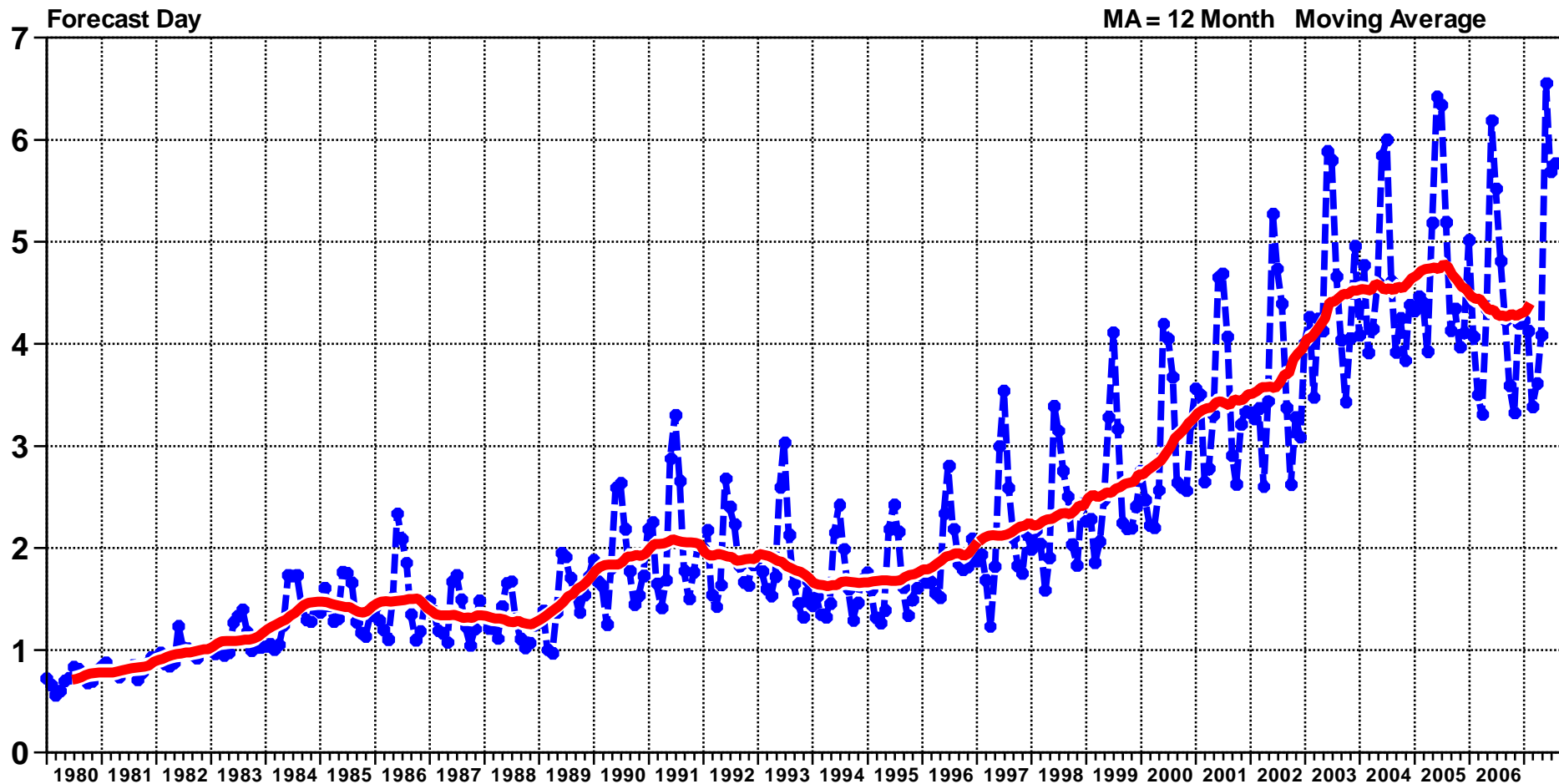
ABSOLUTE CORRELATION

FORECAST

TROPICS LAT -20.000 TO 20.000 LON -180.000 TO 180.000

—●— SCORE REACHES 80.00

— SCORE REACHES 80.00 MA



Dévényi Dezső látogatása az ECMWF-ben 2009 November 2-3

Monday 2nd November

0930-1000: Discussion with Jean-Noel Thepaut

General: data assimilation, reanalysis

1000-1100: Attend the opening of the Workshop on Meteorological Operational Systems (Erik Andersson's presentation)

1130-1200: Discussion with Peter Bauer

assimilation of satellite data

1330-1400: Discussion with Marta Janiskova

Simplified physics for 4D-Var

1415-1500: Discussion with Elias Holm

Humidity and cloud analysis

1530-1615: Discussion with Alan Geer

Assimilation of rain-affected microwave radiances

Tuesday 3rd November

0900-1000: Preparation for informal seminar

1030-1130: Seminar by Dezsó Devenyi: The Rapid Update Cycle and Rapid Refresh Systems (Classroom)

1330-1400: Discussion with Tony McNally

Assimilation of cloud-affected infrared radiances

1430-1600: Informal meeting with other ECMWF colleagues as needed.

1600-1615: Wrap-up with Jean-Noel Thepaut

The Rapid Update Cycle and Rapid Refresh Systems

Dezso Devenyi

**University of Colorado, CIRES and
NOAA/ESRL/GSD**

With

**Stan Benjamin, John Brown, Stephen
Weygandt, Ming Hu, Georg Grell,
Tanya Smirnova, Curtis Alexander**

Presentation at the ECMWF – 03 November 2009